

## Peningkatan efisiensi proses produksi melalui pengembangan *progressive hybrid tool* pada pembentukan komponen otomotif *bracket parking brake cable guide* material SCGA270C-45

Khusnul Khotimah<sup>a</sup>, Aida Mahmudah<sup>b,1</sup>

<sup>a</sup>Teknologi Perancangan Perkakas Presisi, Politeknik Manufaktur Bandung, Bandung

<sup>b</sup>Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung, Bandung

[aida@de.polman-bandung-ac.id](mailto:aida@de.polman-bandung-ac.id)

### ABSTRACT

The automotive industry is currently experiencing development. In response to these developments, car manufacturers changed the features or components of one type and another. One of the many components contained in the car is the parking brake cable guide bracket, one of the fastening components in the car's parking brake, with the material type SCGA270C-45. The previous production process used several single and group stamping tools, meaning it took several machines and operators to produce the bracket components. An improvement stamping tool is carried out to speed up production to obtain a more optimal and efficient process. Several tools used will be condensed into one progressive hybrid tool. In order to obtain the design of a progressive hybrid tool that complies with the technical requirement of production constraints, it is used the VDI 2222 (Verien Deutsche Ingenieur) as a design method. The design results in the progressive hybrid tool with 10 stamping stations, and the tool dimensions are 800mm in length, 450mm in width, and 365mm in height. The force required for a whole process is 24.5 tonnes. This tool requires only one machine and one operator in the bracket component production process.

**Keywords:** Bracket, progressive hybrid tool, SCGA270C-45

**Received** 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

### PENDAHULUAN

Industri otomotif merupakan salah satu sektor industri yang memiliki kontribusi cukup besar terhadap perekonomian nasional. Agus Gumiwang Kartasmita menyebutkan bahkan dari sektor otomotif ini memberikan dampak luas kepada lebih dari 1,5 juta orang yang bekerja di sepanjang rantai nilai industri tersebut [1]. Salah satunya adalah semakin meningkatnya jumlah konsumen dalam membeli produk mobil. Dengan kondisi tersebut menyebabkan industri otomotif yang memproduksi mobil saling bersaing untuk memberikan hasil produk terbaik sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Untuk menanggapi perkembangan tersebut, produsen mobil melakukan perubahan pada fitur atau komponen-komponen dari tipe satu dan tipe lainnya. Dari sekian banyaknya komponen-komponen yang terdapat di dalam mobil, salah satunya adalah *Bracket Parking Brake Cable Guide* yang merupakan salah satu komponen pengikat di bagian rem parkir mobil. Komponen ini di produksi dengan menggunakan teknologi proses *stamping* atau *press* dalam proses produksinya (Gambar 1). Tahapan proses pembuatan *Bracket Parking Brake Cable Guide* pada

perusahaan asal yang memproduksinya adalah menggunakan proses *single tool* dan *group tool* dengan menggunakan 2 mesin. Mesin pertama untuk proses *blanking* dan mesin yang kedua untuk proses *piercing*, *bending*, serta *embossing*. Untuk meningkatkan efisiensi proses produksi dengan mempertimbangkan tuntutan produksi dan memenuhi kebutuhan pasar, maka dilakukannya *improvement* untuk proses pembuatan *bracket parking brake cable guide*. *Improvement* yang dilakukan yaitu mengubah mekanisme proses sebelumnya menjadi *progressive hybrid tool*.



Gambar 1. Produk *bracket parking brake cable guide*

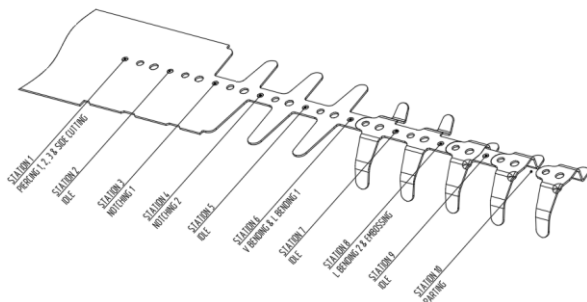
*Progressive hybrid tool* yaitu mekanisme yang dapat melakukan dua atau lebih proses kerja pada tahap yang berbeda dalam setiap langkah [2-6]. Bahan baku atau *strip* material diteruskan melalui serangkaian *station* yang membentuk satu atau lebih operasi dengan pemrosesan tekan



### 2.2.3. Konsep rancangan

Pada konsep rancangan *progressive hybrid tool* terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pembuatan *layout* proses dan pemilihan material untuk komponen utama.

Gambar 5 merupakan *layout* proses yang terdiri dari 10 *station*, dimana *station* 1 adalah proses *piercing*, *station* 2,5,7, dan 9 adalah *idle*, *station* 3 dan 4 adalah *notching*, *station* 6 dan 8 adalah proses *bending* dan *embossing*, serta *station* 9 adalah *parting*.



Gambar 5. *Layout* proses

Material komponen yang digunakan dalam *progressive hybrid tool* untuk pembentukan produk *bracket parking brake cable guide* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penggunaan material

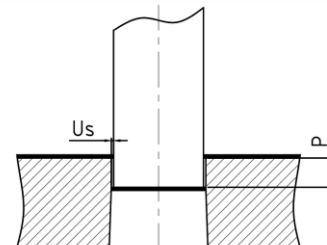
Nama Komponen	Material
Base plate	1.0037
Makura	1.0037
Lower plate	1.0037
Dies support	1.0037
Dies holder	1.1213
Puch holder	1.1213
Punch support	1.0037
Upper plate	1.0037
Stripper	1.1213
Blank holder	1.1213
Lifter	1.1191
Guide rail	1.1191
Insert dies	1.2379
	(63-65 HRC)
Insert punch	1.2379
	(63-65 HRC)
Shutter	1.0330

### 2.3. Perhitungan rancangan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan rancangan konstruksi yang akan menentukan kinerja alat dan kualitas produk yang dihasilkan. Perhitungan rancangan ini terdiri dari perhitungan *clearance*, penetrasi, gaya proses, gaya *stripper*, gaya *blank holder*, dan gaya *tool*.

### 2.3.1. Perhitungan clearance

*Clearance* pada proses pemotongan adalah kelonggaran antara sisi potong *dies* terhadap sisi potong *punch*, sehingga tidak terjadi gesekan antara keduanya [11]. Data standarisasi penentuan *clearance* dapat dilihat pada katalog MISUMI (EPR\_2007 Hal. 1228).



Gambar 6. *Clearance* dan penetrasi pemotongan

$$U_s = t \times c\% \quad (1)$$

Keterangan:

$U_s$  = *Clearance* [mm/sisi]

$t$  = Tebal material

$c$  = *Working factor*

*Working factor* yang digunakan dalam menghitung *clearance* adalah 6% untuk kategori *extra soft clearance* pada material baja. Maka:

$$U_s = 1,4 \times 6\%$$

$$U_s = 0,084$$

$$U_s \approx 0,1$$

Jadi, *clearance* yang diberikan pada *dies* adalah sebesar 0,1 mm/sisi.

### 2.3.2. Perhitungan penetrasi

Untuk memastikan *strip* material terpotong sepenuhnya dan *scrap* dipastikan tidak menyangkut pada *dies*, maka penentuan penetrasi diambil dari penetrasi *die*/pengeluaran dikarenakan penetrasi pemotongan sudah termasuk kedalam penetrasi *die*/pengeluaran. Pada Gambar 6 merupakan penetrasi pengeluaran pada proses pemotongan.

$$L_{\text{penetrasi dies}} = 1-3 \times t \quad (2)$$

Maka:

$$L_{\text{penetrasi dies}} = 2 \times 1,4 \text{ mm}$$

$$= 2,8 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$$

Jadi, penetrasi *die*/pengeluaran adalah sebesar 3 mm.

### 2.3.3. Perhitungan gaya proses

Gaya proses dihitung berdasarkan jenis proses yang terjadi pada *press tool*. Perhitungan gaya proses dapat dilihat pada Tabel 3 [11-13].

Tabel 3. Gaya proses

Proses	Gaya (N)
Gaya potong $F_s = 0,8 \times U \times t \times R_m \times n$	112.483,73
Gaya V bending $F_{Vbending} = \frac{0,67 \times B \times t^2 \times R_m}{L}$	175,24
Gaya L bending $F_{Lbending} = 0,33 \times B \times t \times R_m$	3.639,9
Gaya embossing $F_{embossing} = A_e \times K_r \times n$	2.790
<b>Total gaya bentuk</b>	<b>6.605,14 N</b>

### 2.3.4. Gaya stripper

*Stripper* adalah komponen yang digunakan sebagai penahan pada saat pelepasan *punch* dari jepitan *strip* material setelah proses pemotongan. Pada perancangan *progressive hybrid tool* untuk *bracket parking brake cable guide*, *stripper* digunakan pada *station* 1-5 yaitu proses pemotongan. Hasil perhitungan gaya *stripper* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Gaya stripper

Keterangan	Gaya (N)
Side piercing	15.921,36
Piercing 1	4.747,68
Piercing 2	5.697,22
Piercing 3	6.649,78
Notching 1	31.643,14
Notching 2	39.239,42
<b>Total gaya</b>	<b>103.898,60</b>
<b>Gaya stripper</b>	<b>10.389,86</b>

### 2.3.5. Gaya blank holder

*Blank holder* adalah komponen yang digunakan sebagai pemegang *strip material* pada saat proses pembentukan. *Blank holder* digunakan

pada *station* 6-10 yaitu proses pembentukan dan diakhiri dengan *parting* atau pemotongan pemisahan. Hasil perhitungan gaya *blank holder* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Gaya blank holder

Keterangan	Gaya (N)
V Bending	262,86
L Bending 1	2.413,71
L Bending 2	3.046,14
Embossing	4.185
Parting	858,51
<b>Gaya blank holder</b>	<b>10.766,22</b>

### 2.3.6. Gaya tool

Perhitungan gaya *tool* adalah untuk mencari tonase mesin yang cocok dengan *tool* yang dirancang. Adapun perhitungan gaya *tool* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Gaya tool

Keterangan	Gaya (N)
Gaya potong total	112.483,73
Gaya bentuk total	17.765,14
Gaya stripper	10.389,86
Gaya blank holder	10.766,22
<b>Total gaya</b>	<b>151.404,95</b>
<b>Tonase mesin</b>	<b>15,14 Ton</b>

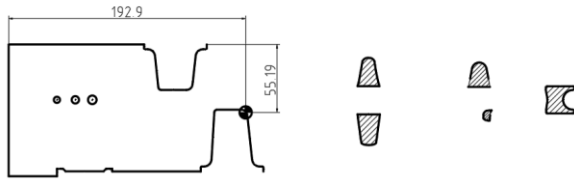
Dengan mempertimbangkan *safety factor* sebesar 20%, maka kapasitas mesin *press* minimum adalah sebesar 18,16 Ton.

### 2.3.7. Titik berat

Posisi titik berat pada *tool* merupakan hal yang penting dalam menentukan penempatan *tool* pada mesin *press*. Titik berat yang dihitung adalah posisi titik berat proses yang biasanya ditunjukkan dengan pemasangan komponen *shank*. Posisi titik berat *progressive hybrid tool* ini ditunjukkan pada Gambar 7.

$$x = \frac{\sum L_n \times x_n}{\sum L} \quad (3)$$

$$y = \frac{\sum L_n \times y_n}{\sum L} \quad (4)$$

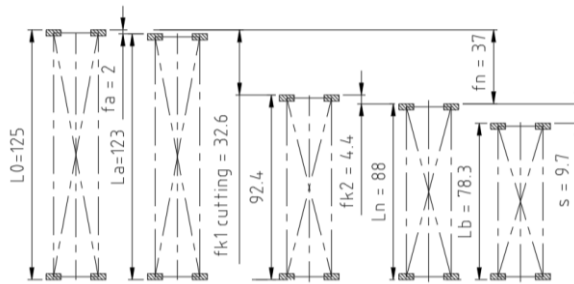


Gambar 7. Titik berat *tool*

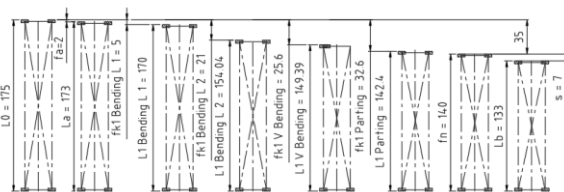
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perancangan progressive tool yang telah dilakukan, maka diperoleh rancangan *tool* dengan dimensi panjang 800 mm, lebar 450 mm, dan tinggi 365 mm. Kapasitas minimal mesin yang dibutuhkan adalah 18,16 Ton. Spesifikasi *tool* ini memenuhi spesifikasi mesin yang ditentukan pada Tabel 1.

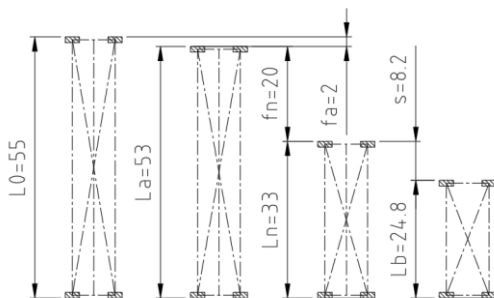
Validasi konstruksi *tool* dilakukan melalui perhitungan kontrol atau pemeriksaan konstruksi, yaitu meliputi komponen pegas dan komponen *punch*. Kontrol pegas harus dilakukan untuk memastikan pegas dapat bekerja dengan baik. Gambar 8, 9, dan 10 dibawah ini menunjukkan diagram langkah langkah pegas.



Gambar 8. Diagram pegas *stripper*



Gambar 9. Diagram pegas *blank holder*



Gambar 10. Diagram pegas *lifter*

Pegas yang digunakan harus memenuhi fungsinya sebagai penarik atau pengangkat dimana gaya pegas yang dipilih harus lebih besar dari gaya yang dibutuhkan. Hasil perhitungan kontrol pegas ditunjukkan pada Tabel 8. Dari hasil perhitungan tersebut disimpulkan bahwa pegas yang digunakan dapat memenuhi gaya pegas yang dibutuhkan.

Tabel 7. Kontrol pegas

Keterangan	Hasil
$F_{\text{pegas}} \geq F_{\text{Stripper}}$ 1.970,72 N $\geq$ 10.389,86 N	Pegas aman digunakan
$F_{\text{pegas}} \geq F_{\text{blankholder}}$ 17.346 N $\geq$ 10.766,22 N	Pegas aman digunakan
$F_{\text{pegas}} \geq F_{\text{Lifter}}$ 70 N $\geq$ 57,9 N	Pegas aman digunakan

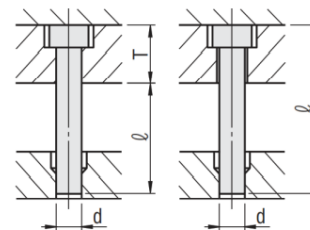
Gaya reaksi *punch* tidak boleh melebihi tegangan yang diizinkan dari bahan material komponen pelat atas yang bersentuhan langsung dengan permukaan atas *punch*. Apabila gaya reaksi melebihi tekanan yang diizinkan, maka perlu ditambahkan pelat sisipan yang bahan materialnya memiliki kekerasan lebih tinggi agar komponen bagian atas tidak rusak [14].

$$p = \frac{F_s}{A} \leq p \text{ izin} \quad (5)$$

Keterangan:

- $p$  = Tekanan permukaan [N/mm<sup>2</sup>]
- $A$  = Luas penampang kepala *punch* [mm<sup>2</sup>]
- $F_s$  = Gaya potong [N]
- $p \text{ izin}$  = Tekanan permukaan yang diizinkan [N/mm<sup>2</sup>]

Dari perhitungan tekanan permukaan pada setiap *punch* yang memotong *strip* material, ditemukan bahwa sebagian besar *station* proses pemotongan membutuhkan pelat sisipan.



Gambar 11. Panjang bebas *punch*

Selain itu, untuk menguji konstruksi *punch* berdasarkan tekanan permukaan, perlu dilakukan kontrol *buckling* pada *punch*. *Buckling* adalah ketidakstabilan yang mengarah kegagalan yang disebabkan oleh

ketidakmampuan struktur untuk mempertahankan bentuk aslinya, sehingga berubah bentuk untuk menemukan keseimbangan baru [15]. Dalam hal ini, gaya pemrosesan yang terjadi pada *punch* ( $F_{proses}$ ) harus lebih kecil gaya yang menyebabkan *buckling* pada *punch* ( $F_{buckling}$ ). Besarnya gaya *buckling* ini sangat dipengaruhi oleh panjang bebas *punch* pada konstruksi pemasangan *punch* (Gambar 11). Persamaan yang digunakan untuk kontrol *buckling* pada komponen *punch* adalah sebagai berikut.

$$P_b = \frac{4\pi^2 \times E \times I}{0,5 \times L^2} \geq F_{potong} \quad (6)$$

$$I = \frac{\pi \times r^4}{4} \quad (7)$$

Keterangan:

$P_b$  = Gaya *buckling* (N)

$E$  = Modulus elastisitas (MPa)

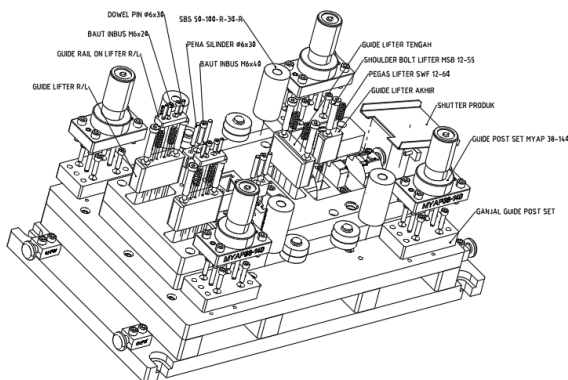
$I$  = Momen inersia ( $mm^4$ )

$L$  = Panjang bebas *punch* (mm)

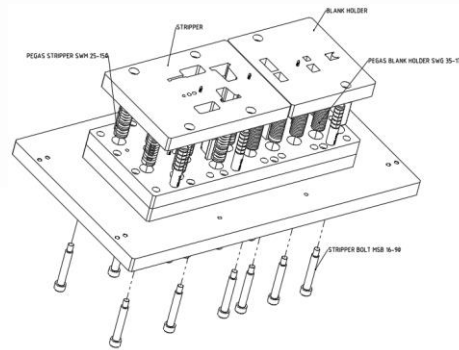
$r$  = Jari-jari batang *punch* (mm)

Dilihat dari konstruksi *punch* yang paling potensial untuk *buckling*, yaitu *shoulder punch* Ø5 pada *station* 1. Didapatkan gaya yang menyebabkan *buckling*,  $F_{buckling} = 174.045,15$  N, sedangkan gaya proses yang terjadi pada *station* tersebut adalah 2.747,68 N. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *punch* tidak akan mengalami *buckling* selama proses pemotongan berlangsung.

Kontrol konstruksi yang dilakukan pada komponen pegas dan *punch* memenuhi persyaratan pada *progressive hybrid tool* yang dirancang. Hasil dari rancangan ini dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12 Konstruksi bukaan bawah



Gambar 13 Konstruksi bukaan atas

Hasil dari *improvement progressive hybrid tool* ini berkontribusi pada penggunaan mesin proses dan jumlah operator. Selain itu, *improvement* ini meningkatkan waktu produksi menjadi lebih singkat. Tabel 8 berikut menunjukkan perbandingan proses produksi komponen *bracket parking brake cable guide* no.4 menggunakan alat sebelumnya, yaitu *single tool* dan *group tool* menjadi *progressive hybrid tool*.

Tabel 8 Data perbandingan sebelum dan sesudah *improvement*

<i>Singel tool &amp; Group tool</i>	<i>Progressive hybrid tool</i>
Jumlah mesin = 2	Jumlah mesin = 1
Jumlah operator = 2	Jumlah operator = 1

## KESIMPULAN

Pengembangan alat *stamping* untuk proses produksi *bracket parking brake cable guide* no.4 telah menghasilkan *progressive hybrid tool* dengan jumlah 10 *station* proses. Dimensi *tool* dengan panjang 800 mm, lebar 450 mm, tinggi 365 mm. Gaya minimum yang dibutuhkan yaitu sebesar 24,49 Ton dan dapat digunakan mesin press jenis KOMATSU dengan kapasitas 150 Ton. Dengan menggunakan *progressive hybrid tool*, maka mesin dan operator dapat dikurangi, bahkan kecepatan waktu produksi dapat meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Gumiwang Kartasmita, "Industri Otomotif Jadi Sektor Andalan Nasional" [https://www.antaraneews.com/berita/2008417/menperin-industri-otomotif-jadi-sektor-andalan-ekonomi-nasional\\_2019](https://www.antaraneews.com/berita/2008417/menperin-industri-otomotif-jadi-sektor-andalan-ekonomi-nasional_2019).
- [2] Joshi P. H. "Press Tools Design and Construction," *Revised edition. New Delhi, India. : S. Chand Publishing, 2020*

- [3] Gen, Y., & Yunong, W. "Progressive stamping process and die design of high strength steel automobile structural parts," *In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1605, No. 1, p. 012063). IOP Publishing, August, 2020.*
- [4] Shakkarwal, P., Kumar, R., Sindhwani, R. "Progressive Die Design and Development Using AutoCAD," *In: Joshi, P., Gupta, S.S., Shukla, A.K., Gautam, S.S. (eds) Advances in Engineering, 2021.*
- [5] Su, T., He, T., Yang, R., & Li, M. "Topology optimization and lightweight design of stamping dies for forming automobile panels," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 121(7), 4691-4702, 2022.*
- [6] Thomas, W., Oenoki, T., Altan, T., "Process simulation in stamping – recent applications for product and process design," *Journal of Materials Processing Technology. Volume 98. Issue 2. Pages 232-243. ISSN 0924-0136, 2000.*
- [7] Ch. Mastanamma, K. Prasada Rao, M. Venkateswara Rao, "Design and Analysis Progressive Tool," *IJERT, ISSN: 2278-0181, Vol. 1, August 2012.*
- [8] Pahl, G., Beitz, W. "VDI Guideline 2222, Systematic approach to the development and design of technical system and products," *Verein Deutscher Ingenieure. Berlin: Beuth Verlag. 2010.*
- [9] Wiendahl, H-P. "Five years experience with VDI 2222 guideline in a large capital equipment enterprise," *Design Studies 2. Pages 165-170, 1981.*
- [10] Silva, J. C., da Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., de Sá, J. C. V., & Ferreira, L. C. R. N. P. "A model for productivity improvement on machining of components for stamping dies," *International Journal of Industrial Engineering and Management, 12(2), 85, 2021.*
- [11] Budiarto, "Presstool 1," *Politeknik Manufaktur Bandung, 2009.*
- [12] Budiarto, "Presstool 2," *Politeknik Manufaktur Bandung, 2009.*
- [13] H.R. Luchsinger, "Tool Design 2," *Zurich, Swiss Technical Cooperation and Swisscontact, Misumi, 2007..*
- [14] Yuliar Yasin Erlangga, "Perancangan Peralatan Penekan," *Politeknik Manufaktur Bandung, 2019*
- [15] Adies Rahman, "Kekuatan Bahan Dasar," *Politeknik Manufaktur Bandung, 2005.*